Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 223-234
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۳۴-۲۲۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

اثر تنش شوری بر خصوصیات ریشه گوجه‌فرنگی ('Saint Pierre') و عملکرد آن تحت مدیریت زمان آبیاری

عطیه عبدلی[1]- جواد رمضانی مقدم[2]*- یاسر حسینی[3]- محمدرضا نیک پور[4]- هادی دهقان[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱

چکیده

از مهم‌ترین مشکلات در اراضی تحت کشت ایران می‌توان به وضعیت نامناسب کیفی و کمی منابع آب در سطح کشور اشاره کرد. در این تحقیق، اثر مقادیر مختلف شوری آب آبیاری بر عملکرد و خصوصیات ریشه گوجه‌فرنگی با مدیریت‌های مختلف زمان آبیاری در شهرستان اردبیل مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل شوری آب آبیاری (در چهار سطح ۱/۵، ۲/۵، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر) و زمان اعمال آبیاری (آبیاری در سه زمان، به‌ترتیب ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درصد تخلیه مجاز رطوبتی) در چهار تکرار اجرا شدند. نتایج این تحقیق نشان داد شوری آب آبیاری دارای اثر معنی‌دار ($p<0.01$) بر وزن، قطر و حجم ریشه، میزان تبخیر و تعرق، زه‌آب خروجی و عملکرد گوجه‌فرنگی می‌باشد. همچنین تیمارهای شوری آب‌آبیاری ۲/۵ و ۷ دسی زیمنس بر متر دارای بیشنه و کمینه عملکرد گوجه‌فرنگی به‌ترتیب برابر ۱۱۴/۹ و ۳۷/۵۸ گرم بودند. از طرفی، افزایش شوری آب‌آبیاری از ۱/۵ به ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر و افزایش تخلیه مجاز رطوبتی از ۴۰ به ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری بر عملکرد گوجه فرنگی نداشت. به‌طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از آب‌های دارای شوری قابل قبول، می‌تواند یکی از راهکارهای جبران و کاهش مشکلات منابع آب موجود باشد، که البته این امر باید با رعایت مدیریت شوری و آبشویی خاک همراه باشد.

واژه‌های کلیدی: تخلیه مجاز رطوبتی، تنش رطوبتی، کارآیی مصرف آب، کیفیت آب

مقدمه

یکی از بخش‌های اصلی مصرف آب در ایران (با سهم حدود ۹۰ درصد) مربوط به مصارف کشاورزی می‌باشد. از مهم‌ترین مشکلات آبی در بخش کشاورزی می‌توان به کمبود منابع آب و افزایش شوری منابع آبی اشاره کرد. این دو عامل به‌ترتیب می‌توانند موجب تنش‌های آبی و شوری در گیاهان و شوری خاک و در نهایت منجر به کاهش عملکرد (کمی و کیفی) یا از بین رفتن گیاهان شوند (۷، ۹ و ۱۶).

با توجه به اهمیت مباحث تنش آبی و شوری، مطالعات زیادی در سال‌های اخیر (در ایران و سایر نقاط دنیا) در رابطه با اثر شوری آب آبیاری و کم آبی بر عملکرد گیاهان زراعی، یافتن راهکارهای کاهش اثرات منفی آن بر روند رشد گیاهان و انتخاب مناسب‌ترین ترکیب شوری و تنش آبی صورت گرفته است (۵، ۱۱ و ۲۲). نتایج بررسی پژوهشگران نشان داده است که شوری آب‌آبیاری از مهم‌ترین عوامل موثر بر کاهش عملکرد گیاه است. افزایش شوری آب آبیاری موجب کاهش عملکرد توده و طول ساقه، مقادیر یون‌های منیزیم، کلسیم و پتاسیم می‌شود. البته برخی گیاهان با کمک جذب یون‌ها در اندام خود، نسبت به اثرات منفی شوری مقاومت می‌کنند (۱۳).

بر اساس تحقیقات، تنش رطوبتی در خیلی از موارد موجب کاهش معنی‌دار طول ریشه، وزن خشک گیاه و طول ساقه شده است. اما نکته مهم میزان تنش رطوبتی است که به گیاه تحمیل می‌شود، که بر میزان رشد و عملکرد محصول موثر است. نتایج برخی از تحقیقات نشان داده است که در مقادیر تنش رطوبتی کم، مانند ۱۰ و ۲۰ درصد (به‌ترتیب تأمین ۹۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه) ممکن است مقادیر عملکرد به دست آمده کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار آبیاری کامل نداشته باشند (۹، ۱۶ و ۲۴). شاهرخ نیا و همکاران (۲۶) در پژوهشی به بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد و کارآیی مصرف آب

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و استادیاران، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: j_ramezani@uma.ac.ir)
۳- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی
۵- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر

DOI: 10.22067/jhs.2021.61809.0

گوجه‌فرنگی پرداختند. نتایج این مطالعه بیانگر کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی در اثر افزایش تنش رطوبتی بود. همچنین بیشینه میزان کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری (۶۰ تا ۱۲۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه) مربوط به تیمار ۸۰ درصد تأمین نیاز آبی گیاه بود.

امروزه در کشاورزی، بحث استفاده از آب شور در کنار آب شیرین، به‌دلیل کاهش اثر اسمزی آب شور در حال بررسی است. با کمک این روش می‌توان در مصرف آب شیرین صرفه‌جویی نمود، از طرفی می توان بخش قابل توجهی از آب آبیاری را از طریق آب شور تأمین نمود و اثرات منفی وارده به گیاه در اثر پتانسیل اسمزی را کاهش داد (۱۰ و ۱۶).

مطالعات اردلانی و همکاران (۳) نشان داد که شوری از عوامل مهم و تأثیرگذار بر روی رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی است. آن‌ها تحقیقی را به‌منظور بررسی اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد گوجه فرنگی انجام داد، نتایج این تحقیق بیانگر کاهش ماده خشک و عملکرد نسبی گیاه در اثر افزایش شوری آب آبیاری بود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف مناسب کودهای غذایی (بخصوص کود نیتروژن) می‌تواند باعث کاهش اثرات مخرب شوری آب آبیاری بر عملکرد گوجه‌فرنگی شود.

رمضانی مقدم و همکاران (۲۴) در مطالعه‌ای به بررسی اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد گوجه گیلاسی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تنش شوری دارای تاثیر معنی‌دار در کاهش عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه گیلاسی است، به‌طوری که استفاده از آب شور (۷ دسی‌زیمنس بر متر) موجب کاهش ۱۹/۲ درصدی کارآیی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد (شوری ۱ دسی زیمنس بر متر) شد. همچنین با افزایش شوری از ۴ به ۷ دسی‌زیمنس بر متر، میزان کل تبخیر و تعرق گیاه و عملکرد به ترتیب ۱۰ و ۲۷ درصد کاهش یافت.

حسینی و همکاران (۱۵) در تحقیقی به بررسی اثر توأمان شوری و تنش‌آبی بر گیاه گوجه‌فرنگی و جذب آب توسط آن پرداختند. نتایج این بررسی بیانگر این بود که با افزایش میزان تنش خشکی و شوری، میزان جذب آب توسط گیاه به صورت غیرخطی کاهش می یابد. همچنین حسینی و همکاران (۱۴) گزارش دادند که افزایش مقدار نمک در آب آبیاری در شرایط تنش خشکی باعث اثر تجمعی پتانسیل اسمزی و ماتریک خاک می شود. این امر باعث کاهش جذب آب قابل استفاده گیاه می شود. همچنین با کاهش میزان مکش خاک، حساسیت گیاه نسبت به شوری کم می‌شود که این امر در ادامه حیات گیاه حائز اهمیت است. از طرفی بر اساس نتایج این تحقیق، نقش پتانسیل ماتریک در جذب آب توسط ریشه بیشتر از پتانسیل اسمز محلول خاک بود.

نتایج بسیاری از تحقیقات نیز بیانگر این بوده است که می‌توان با اعمال کم‌آبیاری یا تنش آبی به گیاه ضمن صرفه‌جویی در میزان مصرف آب، شاهد کاهش ناچیز در عملکرد گیاه بود که در نهایت موجب سود اقتصادی خواهد شد. ضمناً می توان با استفاده از آب صرفه‌جویی شده، مساحت اراضی تحت کشت را افزایش داد (۲۳ و ۲۴). نتایج تحقیقات حسن‌لی و همکاران (۱۲) بر روی اثرات شوری آب آبیاری (سیستم قطره‌ای)، بیانگر ۱۰ درصد کاهش عملکرد گیاه ذرت به‌ازای هر یک دسی‌زیمنس بر متر افزایش شوری آب آبیاری بود.

از طرفی نتایج تحقیقات نشان داده است که معمولاً شوری در اندام‌های هوایی نسبت به وزن خشک ریشه اثر مخرب بیشتری دارد. همچنین با افزایش معنی‌دار یون سدیم و کلر (در اندام‌های هوایی و ریشه) در اثر شوری آب آبیاری ، رشد گیاه (در اثر تجمع یون‌ها در اندام‌های گیاه) کاهش می‌یابد. البته در اغلب موارد مشاهده شده است با افزایش شوری آب آبیاری، مقادیر برخی یون‌ها (منیزیم، پتاسیم و کلسیم) کاهش یافته‌اند (۱۳).

متأسفانه در دهه‌های اخیر، دشت اردبیل مانند اکثر مناطق کشور ایران دچار افت کیفی و کمی (آب زیرزمینی) شده است، که علت اصلی آن برداشت بیش از حد مجاز از چاه‌ها، کاهش میزان تغذیه آب زیرزمینی و ورود انواع آلاینده‌ها به آب‌های سطحی و زیرزمینی بوده است (۶). با توجه به مطالب بیان شده، این پژوهش با هدف بررسی اثر شوری آب آبیاری بر خصوصیات ریشه و میزان عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی در مدیریت‌های مختلف زمان آبیاری در شهرستان اردبیل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه، سال ۱۳۹۵ در گلخانه شماره دو دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. شهرستان اردبیل دارای طول و عرض جغرافیایی به‌ترتیب برابر ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و ۳۸ درجه و ۱۲ دقیقه می‌باشد. بر اساس آمار هواشناسی (۳۰ ساله) متوسط بارندگی سالانه ۲۹۱ میلی‌متر است که بیش‌ترین مقدار آن مربوط به اوایل زمستان تا اواخر بهار می‌باشد. بیشینه دمای ثبت شده برابر ۴۰/۴ درجه (مرداد ماه) و کمینه دمای آن برابر ۳۳/۸- درجه سانتی‌گراد (بهمن ماه) می‌باشد. همچنین میانگین تبخیر سالانه ۱۱۸۶ میلی‌متر و رطوبت نسبی حدود ۷۱ درصد است (۱).

اطلاعات هواشناسی شهرستان اردبیل در دوره زمانی مورد مطالعه در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱- مقادیر پارامترهای مهم هواشناسی در دوره زمانی مورد مطالعه (۱۳۹۵)

Table 1- The values of main climatic parameters during the studied time period (2016)

ماه **Month**	دمای بیشینه **Maximum temperature (°C)**	دمای کمینه **Minimum emperature (°C)**	بارندگی **Precipitation (mm)**	رطوبت نسبی **Relative humidity (%)**	ساعات آفتابی **Sunny hours (hrs.)**
مرداد August	27.2	13	1	57.1	10.8
شهریور September	24.2	11	6.4	67.9	9.13
مهر October	17.2	6	28.1	79.9	6.3
آبان November	12.2	0.7	15.2	69.5	6.26

جدول ۲- مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک و آب استفاده شده در آزمایش

Table 2- Physiochemical characteristics of soil and water used in this experiment

خاک **Soil**											آب **Water**		
بافت **Texture**	رس **Clay (%)**	سیلت **Silt (%)**	شن **Sand (%)**	رطوبت ظرفیت زراعی **FC (%)**	درصد کربن آلی **Organic Carbon (%)**	سدیم **Na (meq.l^{-1})**	بی کربنات **HCO_3 (meq.l^{-1})**	کلسیم + منیزیم **Ca+Mg (meq.l^{-1})**	**pH**	هدایت الکتریکی **EC (dS/m)**	هدایت الکتریکی **EC (dS.m^{-1})**	**pH**	سدیم **Na (meq.l^{-1})**
لومی رسی clay loam	30	36	34	33	3.51	8.8	5	8.8	7.65	2.14	646	6.86	4.2

همچنین برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. بر اساس اطلاعات جدول ۲ نوع بافت خاک مورد بررسی در این مطالعه لومی رسی می‌باشد. مقادیر شوری آب و خاک مورد مطالعه به‌ترتیب برابر ۰/۶۴۶ و ۲/۱۴۰ دسی زیمنس بر متر بود. همچنین مقدار رطوبت حجمی در نقطه ظرفیت زراعی برابر ۳۳ درصد بود.

به‌منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف شوری آب آبیاری (در زمان های مختلف آبیاری) بر خصوصیات ریشه و عملکرد گیاه گوجه فرنگی (رقم 'Saint Pierre')، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در چهار تکرار (در شرایط گلخانه‌ای) انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل شوری آب آبیاری در چهار سطح (S_1، S_2، S_3 و S_4: به‌ترتیب ۱/۵، ۲/۵، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر) و مدیریت زمان آبیاری در سه سطح (I_1، I_2 و I_3: آبیاری در سه زمان، به‌ترتیب ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درصد تخلیه آب قابل نگهداری) بودند.

گلدان‌های مورد استفاده در این تحقیق به‌شکل مخروط ناقص با ارتفاع ۲۷ سانتی‌متر، قطر دهانه ۲۶ سانتی‌متر و قطر قاعده ۱۹ سانتی‌متر بودند. برای پر کردن گلدان‌ها ابتدا مقدار ۱/۵ کیلوگرم شن دانه‌بندی شده در کف گلدان (برای زهکشی بهتر) سپس مقدار ۱۰ کیلوگرم خاک الک شده با بافت لوم-رسی در یک مرحله و در نهایت مقدار ۱/۵ کیلوگرم شن بر روی سطح خاک برای کاهش تبخیر از سطح خاک ریخته شد (۱).

در این تحقیق، برای کاشت گیاه گوجه‌فرنگی از روش غیر مستقیم (نشائی) استفاده شد. در این راستا، ابتدا بذر گیاه گوجه‌فرنگی بر روی سینی‌های مخصوص کشت نشا بر روی پیت ماس کاشته شد. سپس در مرحله سه الی چهار برگی به گلدان‌های آماده کاشت انتقال داده شدند. بعد از کاشت نشاها در گلدان‌های آماده شده، به‌منظور تثبیت نشاها در گلدان‌ها به‌مدت یک ماه با آب غیر شور آبیاری شدند تا هیچ‌گونه تنشی بر نشاها وارد نشود.

در این تحقیق، برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق روزانه از ترازوی دیجیتالی با دقت یک گرم استفاده شد. برای انجام این کار در طول دوره انجام آزمایش، هر روز صبح گلدان‌ها توسط ترازوی دیجیتالی وزن می‌شد. همچنین جهت تعیین رطوبت روزانه گلدان‌ها، از دستگاه رطوبت‌سنج PMS-714 (بعد از کالیبره شدن) استفاده شد (۱۷).

در این آزمایش، آبیاری زمانی انجام می‌شد که رطوبت‌سنج PMS-714 اعداد مربوط به تنش‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۵ درصد تخلیه آب قابل دسترس (به‌ترتیب برابر ۲۵/۶، ۲۴/۳ و ۲۳ درصد رطوبت

حجمی) را نشان می‌داد. بنا براین دور آبیاری مقدار ثابتی نبود.

در این تحقیق، جهت محاسبه میزان تبخیر و تعرق از رابطه بیلان آبی استفاده شد (رابطه ۱).

$$I = (D_d + R_O + ET_a) \pm \Delta S \quad (۱)$$

که در رابطه (۱)، I : مقدار آب آبیاری، D_d: مقدار زه آب خروجی، R_O: مقدار رواناب خروجی، ET_a: تبخیر و تعرق واقعی گیاه و ΔS: تغییرات ذخیره رطوبتی خاک است.

همچنین با استفاده از رابطه پیشنهادی فائو، مقدار شاخص کارآیی مصرف آب محاسبه شد (رابطه ۲).

$$WUE=(Yield/ET) \quad (۲)$$

در رابطه (۲)، WUE: شاخص کارآیی مصرف آب ($Kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)، Yield: عملکرد ($Kg.ha^{-1}$) و ET: مقدار تبخیر و تعرق واقعی گیاه (mm) می‌باشند (۱۶).

در این مطالعه، رابطه بین کاهش نسبی عملکرد و کاهش نسبی تبخیر و تعرق گوجه‌فرنگی نیز مورد بررسی قرار گرفت و مقدار ضریب واکنش عملکرد گوجه‌فرنگی نسبت به تنش رطوبتی (K_Y) از رابطه (۳) به‌دست آمد.

$$K_Y= (1-(Y/Y_m))/(1-(ET/ET_m))) \quad (۳)$$

در رابطه (۳)، Y و ET: به‌ترتیب مقدار عملکرد و تبخیر و تعرق واقعی گوجه‌فرنگی و Y_m و ET_m: به‌ترتیب بیشینه مقدار عملکرد و تبخیر و تعرق گوجه‌فرنگی می‌باشند (۸).

در این آزمایش برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد که شامل تعداد میوه، وزن تر میوه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، طول ریشه، حجم ریشه، قطر ریشه و تعداد شکوفه می‌باشد به‌صورت زیر عمل شد. زمانی که اعمال تنش‌ها به پایان رسید ابتدا میزان محصول هر تیمار به تفکیک میوه‌های رسیده و نرسیده توزین شده و تعداد هر کدام به‌صورت جداگانه ثبت گردیدند. همچنین صفات مختلف ریشه (طول، قطر و وزن) در هر یک از تیمارها با کمک کولیس و ترازو اندازه‌گیری شدند. شایان ذکر است برای به‌دست آوردن حجم ریشه، مقدار cc ۳۰۰ آب در استوانه مدرج یک لیتری ریخته شده و به‌وسیله آن حجم ریشه‌ها محاسبه گردیدند. از طرفی برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه، ریشه‌ها را به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل دستگاه آون گذاشته و بعد از خشک شدن توزین شدند (۱).

در این پژوهش، به‌منظور بررسی آماری تأثیر شوری آب آبیاری و مدیریت زمان آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی و کارآیی مصرف آب از نرم‌افزار MSTATC (با آزمون میانگین دانکن) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج آماری

بر اساس نتایج این تحقیق، مقادیر شوری آب آبیاری دارای تأثیر معنی‌داری ($p<0.01$) بر روی وزن تر و خشک ریشه، قطر و حجم ریشه، مجموع تبخیر و تعرق، مجموع آب‌مصرفی، مجموع زه‌آب خروجی، عملکرد در بوته و تعداد شکوفه بودند (جدول ۳). در جدول (۳)، آنالیز واریانس میانگین مقادیر مربعات صفات مورد بررسی تحت اثر شوری آب آبیاری و زمان آبیاری ارایه شده است.

مطابق نتایج جدول (۳)، مقادیر شوری آب آبیاری دارای تأثیر معنی‌دار ($p<0.05$) بر روی تعداد میوه نرسیده بود و با افزایش شوری دارای رابطه مستقیم بود. نتایج تعداد زیادی از تحقیقات بیانگر تأثیر معنی‌دار کاهشی شوری آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول بوده است (۱۶ و ۲۱). البته نحوه این تأثیر، در محدوده‌های پایین شوری آب آبیاری ، در برخی موارد بدون‌تأثیر معنی‌دار یا حتی موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گزارش شده است (۲۲). همچنین مطابق نتایج جدول ۳ اثر نحوه مدیریت زمان آبیاری فقط بر روی قطر ریشه ($p<0.05$) و وزن میوه رسیده ($p<0.01$) معنی‌دار بود. البته اثر متقابل دو عامل شوری آب آبیاری و زمان آبیاری بر صفات مورد مطالعه، فقط بر تعداد میوه رسیده و تعداد شکوفه گوجه فرنگی، آن‌هم در سطح پنج‌درصد، معنی‌دار بودند (جدول ۳). در این مطالعه جهت بررسی میانگین صفات مورد مطالعه تحت اثر مقادیر مختلف شوری آب آبیاری و مدیریت زمان آبیاری از آزمون دانکن استفاده شد (۱).

در ادامه جهت اختصار، فقط تعدادی از پارامترها که اثرات شوری آب آبیاری در آن‌ها بارزتر بودند در ادامه مورد بررسی قرار گرفتند.

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود بیشترین مقادیر وزن تر و خشک ریشه (در گلدان) به‌ترتیب برابر ۲۶/۱۷ و ۶/۳ گرم مربوط به تیمار S_2 بودند. البته، تفاوت مقادیر وزن ریشه در تیمار S_2 و S_1 (به طور میانگین ۲۷/۵ درصد) خیلی کمتر از تفاوت وزن ریشه بین این دو تیمار با تیمارهای S_3 و S_4 (دارای میانگین تفاوت ۵۰ تا ۷۵ درصد) بود. به‌طوری که افزایش شوری بیش از مقدار S_2 موجب کاهش ۶۸ تا ۸۴ درصدی مقادیر وزن تر و خشک ریشه شد (شکل ۱). از طرفی افزایش شوری تا ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر نه تنها موجب کاهش وزن ریشه (خشک و تر) نشده بلکه باعث افزایش آن هم شده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده ریشه گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre تحت تاثیر مدیریت زمان آبیاری و تنش شوری
Table 3- ANOVA forthe root characteristics of tomato cv. Saint Pierre affected by water and salinity stresses

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	قطر ریشه Root diameter	حجم ریشه Volume of root	طول ریشه Root length	تعداد میوه رسیده Number of ripe fruit	تعداد میوه نرسیده Number of unripe fruit	تعداد شکوفه Number of flowers
تکرار Replication	3	2.74	0.785	0.003	4.58	169	0.41	1.17	16.85
زمان آبیاری (I) Irrigation time	2	20.58 ns	1.18 ns	1.11*	24.93 ns	35.8 ns	0.69 ns	3.56 ns	21.33 ns
شوری آب (S) Water salinity	3	1162.7**	47.38**	2.66**	55.75**	7.09 ns	0.594 ns	7.67*	168.9**
آبیاری×شوری I×S	6	11 ns	1.46 ns	0.13 ns	3.85 ns	56.1 ns	0.622*	3.65 ns	48.06*
خطا Error	33	25.2	1.72	0.254	17.46	52.08	0.24	2.04	18.69

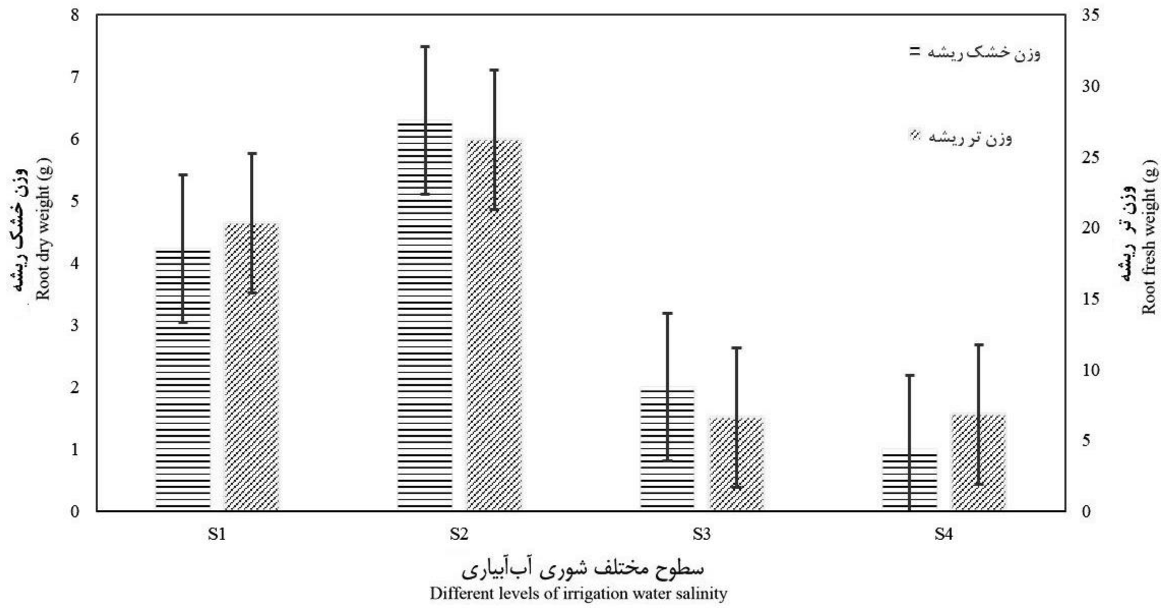
ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس خصوصیات اندازه‌گیری شده ریشه گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre تحت تاثیر مدیریت زمان آبیاری و تنش شوری
Continue Table 3- ANOVA for the root characteristics of tomato cv. Saint Pierre affected by water and salinity stresses

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی Df	وزن میوه رسیده Ripe fruit weight	عملکرد Yield	مجموع تبخیر و تعرق Total of evapotranspiration	مجموع زه‌آب-خروجی Total of water drain	آب-مصرفی Water use	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
تکرار Replication	3	1550	2280.8	1.36	2.261	1.35	32.09
زمان آبیاری (I) Irrigation time	2	3372**	ns 152.13	0.033 ns	2.852 ns	1.35 ns	7.39 ns
شوری آب (S) Water salinity	3	7791**	17223**	108.3**	36.48**	146.5**	23.31 ns
آبیاری×شوری I×S	6	1020 ns	802.8 ns	1.39 ns	1.090 ns	1.83 ns	19.38 ns
خطا Error	33	518	684.08	1.38	1.109	1.62	13.76

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

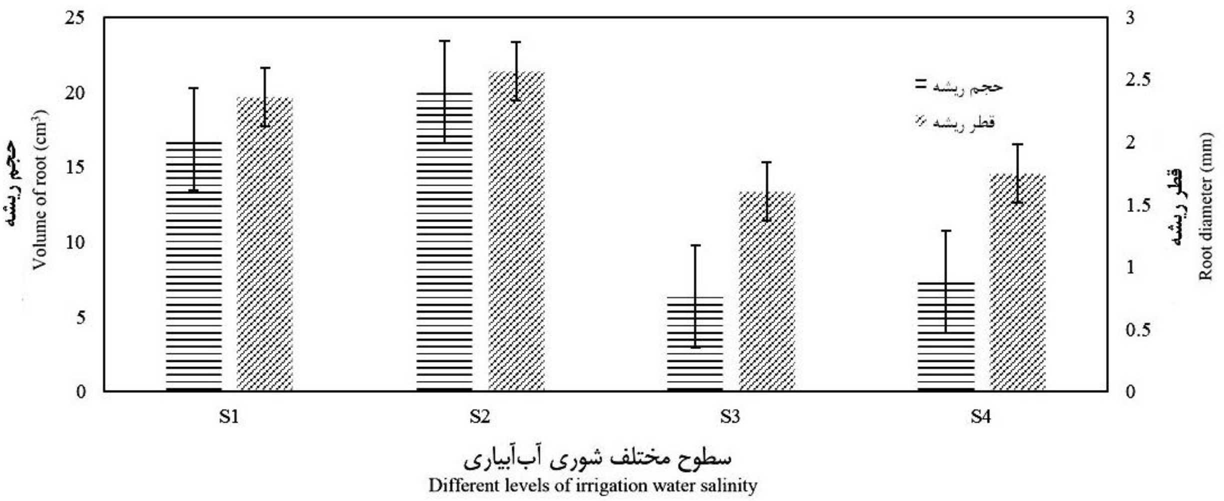
ns, * and **: Non-significant , significant p $\leq$0.05 and p $\leq$ 0.01, respectively.

علت این امر می‌تواند نزدیک بودن این مقدار شوری (۲/۵ دسی زیمنس بر متر) به شوری آستانه کاهش عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی باشد. اما با افزایش شوری به بالای مقادیر ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، وزن ریشه (خشک و تر) به‌طور معنی‌داری (در سطح یک‌درصد) کاهش یافت. همچنین علت کاهش وزن ریشه در مقادیر غلظت نمک بالا می‌تواند بخاطر تجمع نمک (شامل پتاسیم، سدیم و ...) در اندام های مختلف گیاه از جمله ریشه باشد (۱۳). نتایج تحقیقات مومن‌پور و همکاران (۲۰) نشان داد مقادیر صفات گیاهی مورد بررسی در سطوح شوری پایین آب آبیاری افزایش و در ادامه در مقادیر شوری آب آبیاری بالا، کاهش یافت. همچنین نتایج تحقیقات اورس و سوارز (۲۲) نیز موید این روند تغییرات بود، به‌طوری با افزایش شوری تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر، وزن ریشه افزایش و بعد از آن کاهش یافت. از طرفی پیری و همکاران (۲۳) گزارش دادند که شوری آب آبیاری ۲ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر دارای تفاوت معنی‌داری بر روی عملکرد نبودند.



شکل ۱- مقایسه وزن تر و خشک ریشه گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre در سطوح مختلف شوری

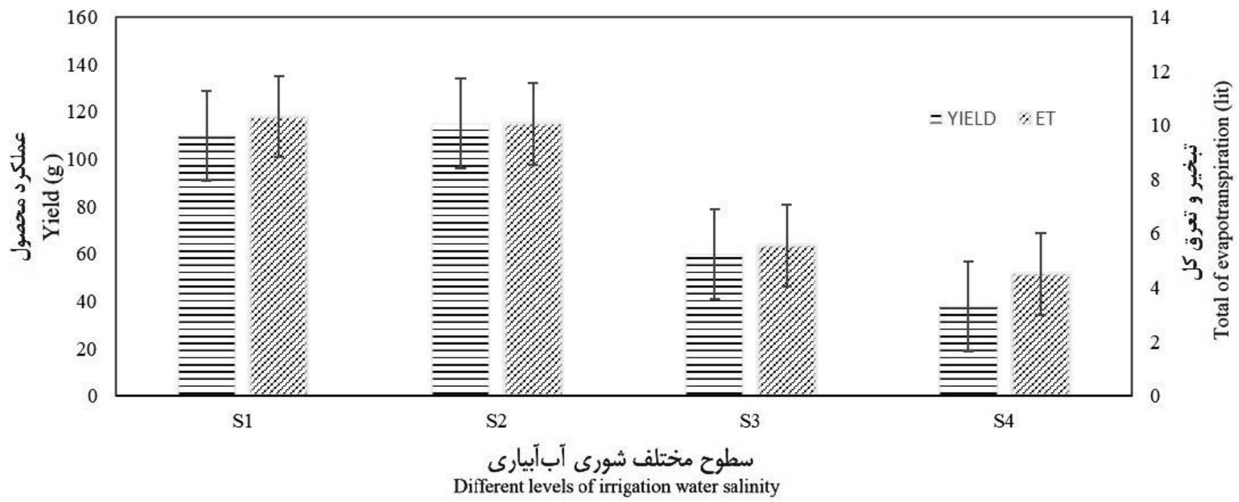
Figure 1- Comparison of fresh and dry weight of tomato cv. Saint Pierre root in different levels of salinity



شکل ۲- مقایسه حجم و قطر ریشه گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre در سطوح مختلف شوری

Figure 2- Comparison of volume and diameter of tomato cv. Saint Pierre root in different levels of salinity

نتایج بیان‌شده در مورد وزن ریشه به‌طور مشابه در مورد قطر و حجم ریشه نیز مشاهده شد (شکل ۲). نتایج به‌دست آمده از شکل ۲ نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین اثر دو تیمار S_1 و S_2 بر قطر و حجم ریشه وجود ندارد. اما با افزایش شوری از ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، قطر و حجم ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بر اساس نتایج این تحقیق، کمترین مقدار قطر ریشه ۱/۶ میلی‌متر مربوط به تیمار S_3 بود. همچنین مقادیر قطر ریشه در شوری‌های ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب ۳۳ و ۲۶ درصد نسبت به تیمار بدون تنش شوری (S_1) کاهش داشتند. از طرفی کمترین و بیشترین مقادیر حجم ریشه به ترتیب برابر ۶/۳۳ و ۲۰ سانتی‌متر مکعب در تیمارهای S_3 و S_2 مشاهده شدند. همچنین قابل ذکر است که بین اثر تیمار S_3 و S_4 بر قطر و حجم ریشه گوجه‌فرنگی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.



شکل ۳- مقایسه عملکرد و تبخیر و تعرق کل در گیاه گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre در سطوح مختلف شوری
Figure 3- Comparison of yield and evapotranspiration of tomato cv. Saint Pierre in different levels of salinity

برخی از محققان علت اثر کاهشی رشد را در استفاده از آب‌های با هدایت الکتریکی بالا به این‌صورت ذکر کرده‌اند که وجود آب شور در خاک، موجب بر هم زدن تعادل جذب عناصر غذایی، کاهش پتانسیل آب در خاک (به‌خاطر اثر اسمزی آب شور) و اثر سوء بر آنزیم‌های موثر در فتوسنتز گیاه می‌شود (۱۶).

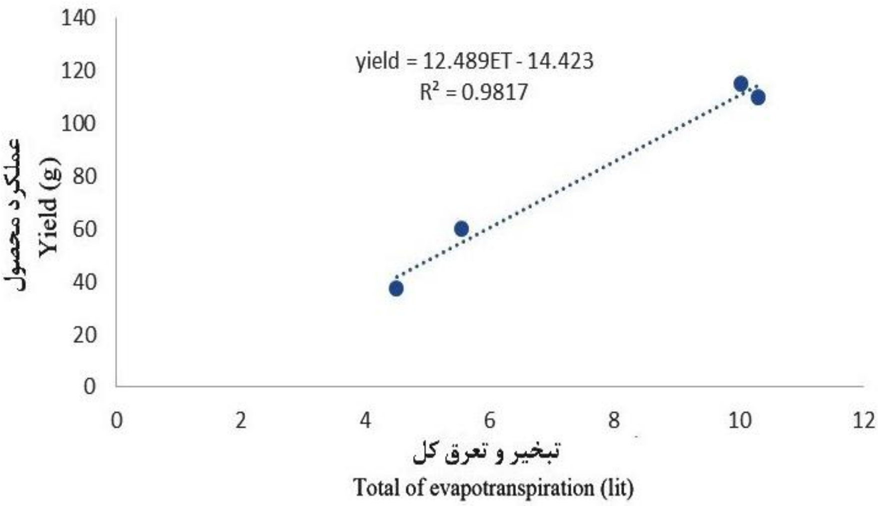
نتایج مطالعات بسیاری از پژوهشگران بیانگر کاهش میزان نفوذ ریشه در اعماق خاک تحت شرایط تنش و در نتیجه کاهش وزن خشک ریشه می‌باشد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (۲۲). تحقیقات فرهادی و همکاران (۹) نیز نشان داد تنش شوری ۱۸۰ میلی‌مولاری موجب کاهش طول و وزن خشک ریشه به‌ترتیب برابر ۱۲ و ۴۸/۵ درصد نسبت به تیمار بدون تنش شوری شد.

در شکل ۳ تأثیر تیمار شوری بر عملکرد در بوته و تبخیر و تعرق گوجه‌فرنگی ارایه شده است. مطابق نتایج این تحقیق، به‌طور نمونه در مورد عملکرد گوجه‌فرنگی در هر بوته، بیشینه مقدار آن در تیمار S_2 مشاهده شد که دارای وزن ۱۱۴/۹ گرم بود. همچنین بیشترین درصد کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی در هر بوته نسبت به تیمار شاهد (۶۶٪) مربوط به تیمار S_4 بود.

نتایج تحقیقات جمالی و همکاران (۱۶) نیز بیانگر اثر کاهشی و معنی‌دار شوری آب آبیاری (در سطح یک‌درصد) بر مقادیر عملکرد، وزن خشک و تعداد میوه فلفل دلمه‌ای بود. مطابق شکل ۳ نحوه اثر تیمار شوری بر مقادیر تبخیر و تعرق گوجه فرنگی مشابه عملکرد گوجه‌فرنگی بود، البته در حقیقت با کاهش تبخیر و تعرق گیاه میزان عملکرد نیز کاهش یافته است. نتایج بررسی بسیاری از محققین موید کاهش عملکرد در اثر افزایش شوری آب آبیاری می‌باشد (۲۱، ۱۳ و ۲۵). میزان تبخیر و تعرق گیاه بر میزان تولید (عملکرد محصول) دارای اثر مستقیم می‌باشد که در منابع مختلف مورد تایید قرار گرفته است. از طرفی این رابطه می‌تواند خطی یا غیر خطی باشد، دلیل این قضیه این است که گاهی بخشی از آبی که تبدیل به تبخیر و تعرق می‌شود در رشد گیاه و عملکرد گیاه موثر نیست (۲).

در شکل ۴ رابطه تبخیر و تعرق و عملکرد محصول در این تحقیق ارایه شده است. مطابق شکل ۴، مشاهده می‌گردد که رابطه استخراج شده خطی و برازش خوبی بین عملکرد و تبخیر و تعرق گوجه‌فرنگی وجود داشت (R^2 = ۰/۹۸).

در جدول ۴ اثر مدیریت زمان آبیاری بر میانگین وزن میوه رسیده و قطر ریشه گوجه‌فرنگی ارایه شده است (نتایج آزمون دانکن). بررسی نتایج جدول ۴ بیانگر این است که تأثیر تیمار آبیاری I_1 و I_2 بر وزن میوه رسیده گوجه‌فرنگی مشابه هم بوده و تفاوت معنی داری بین مقادیر آن‌ها وجود نداشت. اما مقدار وزن رسیده گوجه‌فرنگی در I_3 (۴۶/۰۶ گرم) نسبت به دو تیمار دیگر کاهش معنی‌داری داشت (۳۳ تا ۳۷ درصد). بر اساس نتایج این تحقیق، می‌توان با آبیاری در زمان ۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی به جای ۴۰ درصد تخلیه مجاز رطوبتی، بدون اینکه تغییر معنی‌داری در وزن میوه‌رسیده گوجه‌فرنگی حاصل گردد. قطعا این امر می‌تواند موجب صرفه‌جویی در میزان آب آبیاری شود که در شرایط فعلی کشور ایران و محدودیت‌های منابع آب می تواند بسیار کارگشا باشد. نتایج تحقیقات مصفا و سپاسخواه (۲۱) نیز بر روی اثر تنش رطوبتی نشان داد اگر چه تنش رطوبتی موجب کاهش عملکرد محصول می‌شود اما ارزش اقتصادی آب صرفه‌جویی شده حدود دو برابر کاهش عملکرد بود که می‌تواند در مجموع موجب منفعت اقتصادی بیشتر شود.



شکل ٤- همبستگی تبخیر و تعرق و عملکرد گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre در سطوح مختلف شوری

Figure 4- Yield and evapotranspiration correlation of tomato cv. Saint Pierre in different level of salinity

همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است نحوه تغییرات قطر ریشه در هنگام تغییر زمان آبیاری، مشابه تغییرات وزن میوه رسیده می‌باشد. البته باید دقت داشت گر چه اثر تیمار مدیریت زمان آبیاری I_1 و I_2 بر قطر ریشه دارای تفاوت معنی‌داری نبود، اما با افزایش میزان تنش آبی میزان قطر ریشه افزایش یافت. در سایر تحقیقات نیز اثر مشابه این پدیده مشاهده شده است که به‌طور نمونه می‌توان به افزایش ضخامت برگ، کوتینی شدن و چرمی شدن شاخ و برگ گیاه در اثر آبیاری دیرهنگام (و ایجاد تنش رطوبتی) اشاره کرد، که بسیاری از این موارد در راستای مقاومت و کاهش میزان خسارات وارده به گیاه در برابر تنش رطوبتی انجام می‌شود (۲).

جدول ٤- اثر سطوح مختلف زمان آبیاری بر وزن میوه رسیده و قطر ریشه گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre

Table 4- The effect of different levels of irrigation time on the ripe fruit weight and root diameter of tomato cv. Saint Pierre

تیمار Treatment	وزن میوه رسیده Ripe fruit weight (g)	قطر ریشه Root diameter (mm)
I_1	68.81 [a]	1.86 [b]
I_2	73.06 [a]	2.00 [b]
I_3	46.06 [b]	2.37 [a]

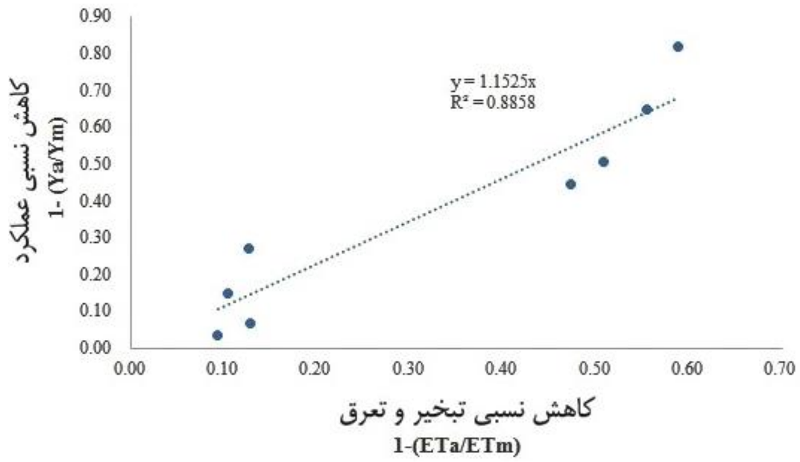
حرف یکسان در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد است.

Same letters at each column are indicating not significant difference between numbers at probability $p<0.05$

میزان تبخیر و تعرق با عملکرد محصول دارای رابطه مستقیم و معمولا خطی هستند (۲). در این تحقیق، کاهش نسبی عملکرد گوجه‌فرنگی و رابطه آن با کاهش نسبی میزان تبخیر و تعرق گوجه فرنگی مورد بررسی قرار گرفت (ET_m و Y_m: به‌ترتیب حداکثر میزان تبخیر و تعرق و محصول تولیدی). همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد هر چقدر میزان کاهش نسبی تبخیر و تعرق گوجه‌فرنگی بیشتر شود کاهش نسبی عملکرد نیز بیشتر می‌شود. همچنین رابطه به‌دست آمده خطی می‌باشد و دارای ضریب همبستگی بالا (۰/۸۸ = R^2) می‌باشد.

بر اساس نتایج این تحقیق، مقادیر ضریب واکنش عملکرد گوجه‌فرنگی نسبت به تنش آبی (K_y) بین ۰/۴ تا ۱/۲۰ متغیر بودند. همچنین میانگین ضریب واکنش عملکرد گوجه‌فرنگی نسبت به تنش برابر ۱/۱۲ به‌دست آمد. این مقدار نزدیک به میانگین ارایه شده K_y توسط سازمان فائو (K_y =۱/۰۵) بود.

احتمالا افزایش اندکی که در مقدار K_y به دست آمده از این تحقیق نسبت به مقدار فائو وجود دارد به خاطر تنش شوری است که به گیاه گوجه‌فرنگی اعمال شده است. در سایر تحقیقات مشابه، مقادیر K_y در شرایط توام تنش شوری و خشکی در بازه‌های ۰/۹۷ تا ۱/۶۷ و ۱/۰۹ تا ۱/۹۴ به دست آمدند (۱۹ و ۲۵).



شکل ۵- همبستگی بین کاهش نسبی تبخیر و تعرق و کاهش نسبی عملکرد گوجه‌فرنگی رقم Saint Pierre

Figure 5- Correlation between relative reduction of evapotranspiration and relative reduction of yield in tomato cv. Saint Pierre

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف بررسی مدیریت آبیاری با آب شور در شرایط گلخانه انجام شد . نتایج این تحقیق نشان داد تأثیر شوری آب آبیاری بر بیشتر مقادیر عملکرد، اجزای عملکرد (تعداد شکوفه، وزن میوه و تعداد میوه) و خصوصیات ریشه (وزن، قطر و حجم ریشه، عملکرد، تبخیر و تعرق و زه‌آب خروجی) معنی‌دار بود. از طرفی تنش رطوبتی اعمال‌شده در اثر تغییر زمان ابیاری به‌جز دو مورد در سایر موارد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات ریشه گوجه‌فرنگی نداشت.

همچنین بر اساس نتایج این تحقیق، استفاده از آب آبیاری با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌جای ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر بر روی قطر ریشه، حجم ریشه، عملکرد گوجه‌فرنگی و مجموع تبخیر و تعرق گیاه در طول فصل رشد تأثیر معنی‌داری نداشت و چه بسا موجب افزایش آن نیز شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در شرایط فعلی کشور ایران (کمبود کمی و کیفی روز افزون منابع آب) می‌توان با استفاده از آب‌های با کیفیت پایین‌تر مانند پساب‌های تصفیه‌شده کارخانه‌ها و زه‌آب‌های کشاورزی (البته با رعایت مدیریت شوری و آبشویی) عملکرد قابل قبولی برای محصولات زراعی شاهد بود.

منابع

1- Abdoli A. 2017. Determinig the best water uptake functions of tomato plant under simultanous salinity and water stress conditions. M.Sc. Thesis. University of Mohaghegh Ardabili, Iran. (In Persian with English abstract)

2- Alizadeh A. 2011. Soil, Water, Plant Relationship. University of Emam Reza, Mashhad. (In Persian)Rahman M.A., Smith J.G., Stringer P., and Ennos A.R. 2011. Effect of rooting Conditions on the growth and Cooling ability of pyrus Calleryana. Urban Forestry and Urban Greening 10: 185- 192.

3- Ardalani H., Babazade H., and Ebrahimi H. 2017. Modeling response of tomato (*Solanum lycopersicum*) under simultaneous water salinity and nitrogen deficiency stresses. Journal of Water Research in Agriculture 31(1):87-104. (In Persian with English abstract)

4- Bahram Nejad R., and Saffari M. 2014. The effects of different seed priming agents on morphological characteristics, yield, yield components and water extract of fennal (*Foeniculum vulgar Mill*) in water stress condition. Journal Irrigation and Water Engineering 5(1): 14-29. (In Persian with English abstract)

5- Cantore V., Lechkar O., Karabulut E., Sellami M.H., Albrizio R., Boari F., Stellacci A.M., and Todorovic M. 2016. Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application onyield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Agricultural Water Management 167: 53–61.

6- Daneshvar Vousoughi F., Dinpashoh Y., and Aalami M. 2011. Effect of drought on groundwater level in the past two decades (case study: Ardebil Plain). Water and Soil Science 21(4): 165-179. (In Persian with English abstract)

7- Dehghan H., Alizadeh A., Esmaeili K., and Nemati S.H. 2015. Root growth, yield and yield components of tomato under drought stress. Journal of Water Research in Agriculture 29(2):169-179. (In Persian with English abstract)

8- Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage paper no. 33.

9- Farhadi H., Azizi M., and Nemati S.H. 2017. Study of germination characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) population under Salinity and Drought Stress. Journal of Horticulture Science 31(1):49-60. (In Persian)

10- Ghaedi S., Afrasiab P., and Liaghat A.M. 2016. Comparison of conjunction methods of sorghum grown in saline and non-saline water and salt adjustment- physiological properties in the soil profile. Journal of Irrigation Science and Engineering 39(1):167-179. (In Persian with English abstract)

11- Ghahramani Pirsalami F., Rahnam A., Siahpoosh M.R., and Broomand Nasab S. 2016. Effect of sprinkler irrigation with saline water on some morph-physiological traits and grain yield of maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 18(2): 135-146. (In Persian)

12- Hassanli M., Parsinejad M., and Ebrahimian H. 2016. Increasing irrigation water use efficiency under drip irrigation using saline water. Journal of Irrigation Science and Engineering 39(3): 187-194. (In Persian with English abstract)

13- Heydarnejad S., and Ranjbar Fordoii A. 2014. Assessment of salinity stress on some growth characteristics and ion accumulation in *Seidlitzia rosmarinus*. Journal of Desert Ecosystem Engineering 4: 1-10. (In Persian)

14- Hosseini Y., Babazade H., and Khakpor Arablo B. 2015. Modeling evaluating water uptake reduction functions under salinity and water stress conditions in pepper (*Capsicum annuum*). Journal of Water Research in Agriculture 29(4): 509-523. (In Persian with English abstract)

15- Hosseini Y., Ramezani Moghadam J., Nikpour M.R., and Abdoli A. 2018. Evaluating water uptake functions under simultaneous salinity and water stress conditions in cherry tomato (*Solanum lycopersicum*). Journal of Water Research in Agriculture 32(2): 247-265. (In Persian with English abstract)

16- Jamali S., Sharifan H., and Sajadi F. 2018. Utilization of Caspian Sea water for irrigation of sweet pepper (*Capsicum annum*) under greenhouse conditions. Journal of Water and Soil Conservation, 25 (1): 243-256. (In Persian with English abstract)

17- Kesari Sh., Mandal R., Bhunia G.S., Kumar K., and Das P. 2014. Spatial distribution of P. argentipes in association with agricultural surrounding environment in North Bihar, India. Journal of Infection in Developing Countries 8(3): 358-364.

18- Kheirabi J., Tavakkoli A.R., Entesari M.R., and Salamat A.R. 1996. Deficit irrigation manual. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran. (In Persian)

19- Mohammadi M., Liaghat A.M., and Molavi H. 2010. Optimization of water use and determination of tomato sensitivity coefficients under combined salinity and drought stress in Karaj. Journal of Water and Soil 24(3):583-592. (In Persian with English abstract)

20- Momenpour A., Imani A., and Bakhshi D. 2018. Effect of salinity stress on some biochemical characteristics four genotypes of almond (*Prunus dulcis*). Journal of Water Research in Agriculture 32(2): 201-216. (In Persian with English abstract)

21- Mosaffa H.R., and Sepaskhah A.R. 2019. Performance of irrigation regimes and water salinity on winter wheat as influenced by planting methods. Agricultural Water Management 216: 444–456.

22- Ors S., and Suarez D.L. 2017. Spinach biomass yield and physiological response to interactive salinity and water stress. Agricultural Water Management 190: 31–41.

23- Piri H., Ansari H., and Parsa M. 2018. The interaction effect of salinity, drought and harvesting dates on yield, quality and efficiency of forage sorghum in subsurface drip irrigation (case study: Sistan plain). Journal of Irrigation Sciences and Engineering 41(1): 99-114. (In Persian with English abstract)

24- Ramezani Moghaddam J., Hosseini Y., Nikpour M.M., and Abdoli A. Evaluation the effects of the irrigation water salinity and water stress on yield components of cherry tomato. Journal of Water and Soil 32(3): 489-500. (In Persian with English abstract)

25- Ranjbar GH.H., and Soltani Gerdfaramarzi V. 2017. Comparison of yield and leaf minerals concentration of sorghum and kochia under irrigation water salinity and different kochia planting density. Journal of Water Research in Agriculture 31(1):29-42. (In Persian with English abstract)

26- Shahrokhnia M.A., Shah Amirian M., and Olyan Ghiasi A. 2018. Influence of irrigation water on quality and quantity of tomato yield under seedling cultivation. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 10(2):177-186. (In Persian with English abstract)

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.2, Summer 2021, P. 223-234
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص. ۲۳۴-۲۲۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Effect of Salinity Stress on Tomato Root Characteristics (Saint Pierre) and its Yield under Irrigation Time Management

A. Abdoli[1] - J. Ramezani Moghadam[2*] - Y. Hosseini[3] - M.R. Nikpour[4] - H. Dehghan[5]

Received: 15-04-2020
Accepted: 30-01-2021

Introduction: Nowadays, the decrease of water resources and increasing salinity of irrigation water are evident in most parts of Iran. Increased salinity of irrigation water can impair plant metabolism, decrease biomass and stem length. On the other hand, water stress decreases root length and weight and crop yield. One way to reduce the negative effects of moisture stress is management of irrigation time. This can be investigated by changing the percentage of moisture permitted depletion and selecting the one with the lowest yield depletion. On the other hand, the amount of damage to the crop can be reduced by examining different amounts of water salinity and its effect on crop yield. Therefore, in this study, the effects of different amounts of irrigation water salinity and irrigation time management on tomato yield under greenhouse conditions were investigated.

Materials and Methods: This study was carried out in greenhouse (No. 2) of Faculty of Agriculture and Natural Resources of University of Mohaghegh Ardabili. In this research, the effect of different values of salinity (in different irrigation times) on root characteristics and yield of tomato (Saint Pierre cultivar) was investigated. The experimental design used in this research was a factorial experiment in a completely randomized block design with four replications. The applied treatments included salinity of irrigation water (four levels: S1=1.5ds/m, S2=2.5ds/m, S3=4ds/m and S4=7ds/m) and irrigation time management stress (in three levels, irrigation at 40, 50 and 65% field capacity, respectively, I1, I2, I3). The pots used in this study were incomplete cones with a height of 27 cm, a span diameter of 26 cm and a bottom diameter of 19 cm. In this study, indirect method (transplanting) was used for cultivating tomato. After cultivating the transplants in prepared pots, they were irrigated with pure water for two months to stabilize the transplants in order to avoid any stress effect on the transplants. The moisture meter (Model: PMS-714) was also used to measure daily soil moisture of the pots. Statistical analysis was performed by MSTATC software. The important characteristics investigated in this study were root length, root weight (dry and wet), root diameter and volume, plant yield, water drainage, evapotranspiration and water use efficiency.

Results and Discussion: According to the results of this study, salinity values of irrigation water had a significant effect at 1% level on fresh and dry root weight, root diameter and volume, total evapotranspiration, total water use, total water drainage output, crop yield and the number of blooms. On the other hand, irrigation water salinity had no significant effect on the number of unripe fruits at 5% confidence level. For example, the highest fresh and dry weight of roots were 26.17 and 6.3 g for S2 treatment, respectively. However, the difference in root weight values for S2 and S1 treatments (Mean equal to 27.5%) was not significant. Also, with increasing salinity of irrigation water above 2.5 dS/m, root weight (dry and fresh) decreased significantly (at 1% level). The reason for the decrease in root weight at high level of salt concentrations can be due to the accumulation of salt (including potassium, sodium, etc.) in various organs of the plant including the root. On the other hand, the results showed that the effect of irrigation time management was significant only on root

1, 2 and 4- Former Student M.Sc. and Assistant Professors Water Engineering Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: j_ramezani@uma.ac.ir)
3- Associate Professor of Water Engineering Department, Agriculture and Natural Resources Faculty of Moghan, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
5- Assistant Professor, Water Science and Engineering Department, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.61809.0

diameter and weight of ripe fruit at 5% and 1%, respectively. According to the results of this study, irrigation can be achieved with 50% moisture allowable depletion instead of 40% moisture permitted depletion without significant change in the weight of ripe tomato fruit. This can certainly cause saving of irrigation water that can be very effective in the current condition of Iran and lack of water resources. In this study, the relationship between evapotranspiration and crop yield and the relationship between these parameters, were investigated. Results showed that, tomato yield coefficient of response to moisture stress (Ky) varied from 0.4 to 1.20. Also the average response coefficient of tomato to water stress was 1.12. This value was close to the mean Ky provided by the FAO (Ky = 1.05). The slight increase in Ky value obtained from this study is probably due to the salinity stress applied to the tomato plant.

Conclusion: This study was conducted to investigate the effect of salinity stress on yield and root characteristics of tomato under irrigation time management and greenhouse conditions. The results showed that the effect of irrigation salinity was significant on yield, yield components and root characteristics (e.g., root weight, diameter and volume, yield, evapotranspiration and drainage output). On the other hand, moisture stress induced by irrigation time variation had no significant effect on yield, yield components and root characteristics of tomato except in two cases. This study indicated that the effect of salinity irrigation water is more effective than water stress on reduction yield. Also, according to the results of this study, the use of 2.5 dS/m irrigation water salinity instead of 1.5 dS/m in most cases had no significant effect on yield reduction but may also increase it. The results of this study show that under current conditions of Iran (increasing quantitative and qualitative shortage of water resources) it is possible to use lower quality waters such as treated wastewater and agricultural wastewater (with management of salinity and leaching) to achieve the acceptable yields for crops.

Keywords: Maximum allowable depletion, Moisture stress, Water quality, Water use efficiency